



ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE LA COBERTURA BOSCOSEA EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA EN LOS PERIODOS 2002 – 2018

ANALYSIS OF CHANGES IN FOREST COVERAGE IN THE COLOMBIAN AMAZON IN THE PERIODS 2002 - 2018

Gilberto Alejandro Bucurú Martínez
3101482
Ingeniero Forestal

Director:
Ing. Freddy León Reyes M.Ed

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
JUNIO DE 2020
BOGOTÁ-COLOMBIA**

ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE LA COBERTURA BOSCOSA EN LA AMAZONÍA COLOMBIANA EN LOS PERIODOS 2002 – 2018

ANALYSIS OF CHANGES IN FOREST COVERAGE IN THE COLOMBIAN AMAZON IN THE PERIODS 2002 – 2018

Gilberto Alejandro Bucurú Martínez
Ingeniero Forestal
Profesional Universitario
Contraloría General de la República
Bogotá, Colombia
u3101482@unimilitar.edu.co

RESUMEN

Los análisis espaciales multitemporales realizados con datos vectoriales, permiten el procesamiento de grandes volúmenes de información, a partir de capas previamente generadas, como las obtenidas del portal de datos abiertos del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI). La información con que se contó, corresponde a las coberturas de la tierra para la región de la amazonia colombiana en los periodos 2002, 2007, 2012, 2016 y 2018.

El geoprocесamiento realizado, se llevó a cabo en el software ArcGIS de ESRI, en el cual se aplicó la herramienta Dissolve a cada capa de información, posteriormente se realizaron Intersecciones entre pares de años y entre el año 2002 y 2018, calculando el área de Intersección de las nuevas capas, finalmente se emplearon Herramientas de Corte, Unión y Resumen para la determinación de las variaciones que presentaron las coberturas a lo largo del tiempo. Apoyando este análisis en los postulados de la guía técnica para la formulación de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y en el documento análisis de las dinámicas de cambio de las coberturas de la tierra en Colombia para escala 1:100.000 en el periodo 2000-2002 y 2005-2009 del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Los resultados obtenidos demostraron cambios en la cobertura del bosque, indicando disminución de escenarios naturales y aumento de áreas por influencia antrópica, siendo los principales indicadores de cambio, la ganancia de pastos, la fragmentación de los bosques, las dinámicas de los cuerpos de agua y la intensificación de la agricultura.

Palabras Clave: Cobertura, Multitemporal, Amazonía, Vectorial

ABSTRACT

Multitemporal spatial analyzes carried out with vector data, allow the processing of large volumes of information, parting from previously generated layers, such as those obtained from the SINCHI open data portal. The information that was available corresponds to the land cover for the Colombian Amazon region in the periods 2002, 2007, 2012, 2016 and 2018.

The geoprocessing executed was carried out in ESRI's ArcGIS software, in which the Dissolve tool was applied to each layer of information. Subsequently, Intersections were put through between pairs of years and between 2002 and 2018, calculating the area of Intersection of the new layers. Finally, Cutting, Joining and Summary Tools were used to determine the variations that the coverage presented over time. Supporting this analysis in the postulates of the technical guide for the formulation of plans of management and management of watersheds of MADS and in the document analysis of the dynamics of change of land cover in Colombia for a scale of 1: 100,000 in the period 2000-2002 and 2005-2009 of IDEAM.

The results obtained demonstrated changes in the forest coverage, indicating a decrease in natural settings and a rise in areas due to anthropogenic influence, being the main indicators of change: pasture gain, forest fragmentation, the dynamics of water bodies and the intensification of agriculture.

Keywords: Coverage, Multitemporal, Amazon, Vectorial

INTRODUCCIÓN

La región amazónica colombiana en su determinación incorpora conceptos tales como límite hidrográfico, biogeográfico y político-administrativo, por consiguiente en su regionalización, el límite de esta cuenca hidrográfica en el sector occidental está definido por la divisoria de aguas; en el sector norte se extiende hasta donde llega la cobertura de bosque amazónico; y en el sur y el oriente corresponde a las fronteras políticas internacionales, abarcando una superficie estimada de 483.163 km² área equivalente al 42.3% del territorio continental colombiano, de acuerdo con lo descrito por el SINCHI en la publicación Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana (Murcia U, 2009).

El polígono de la región se encuentra formado por la desembocadura del río Vichada en el Orinoco, en rumbo suroeste hasta la boca del caño Jabón en el río Guaviare. Continuando por el río Guaviare hasta encontrar el río Ariari y siguiendo aguas arriba hasta el río Sanza para llegar al Cerro Triunfo y a partir de allí en dirección sur a alcanzar la divisoria de aguas de los ríos amazónicos hasta la frontera con Ecuador. Completando el polígono con los límites internacionales amazónicos con Ecuador, Perú, Brasil y Venezuela hasta su desembocadura en el río Vichada sobre el Orinoco.

Políticamente está conformada por la parte sur del departamento del Vichada, por el suroriente del Meta y los departamentos de Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Putumayo y Vaupés, la Bota Caucana y las vertientes de Nariño (parte alta de los ríos Guamuez, Sucio, San Miguel y Aguarico) (Salazar y Riaño, 2.016).

Pese a lo anterior, la Amazonía ha venido afrontando transformaciones que permiten establecer subregiones (Amazonia occidental, Amazonia noroccidental, Amazonia oriental y Amazonia sur), indicando con ello que la homogeneidad con que se ha visto la región no presenta una clara integración socioeconómica y ambiental, esto debido a los procesos de apropiación, ocupación y consolidación de la actividad antrópica en el territorio y por la intensidad de estas acciones (ibidem).

En las coberturas que conforman este territorio cobran significancia los bosques húmedos tropicales en altura promedio de 500 m.s.n.m., que según los investigadores Murcia et al. (2014), identificaron en el periodo 2010-2012 bosques naturales en una extensión de 404.159,81 km² y 5.993,48 km², en otras coberturas como bosques fragmentados con pastos y cultivos y bosques fragmentados con vegetación secundaria. Por consiguiente, el 80,86% del área de la Amazonía es selvática, sin embargo, la existencia de las coberturas en las proporciones determinadas se ven amenazadas por el avance de actividades antrópicas como la ampliación de las fronteras agrícola y ganadera, las construcciones urbanas, industriales, las explotaciones mineras, los cultivos de uso ilícito y por fenómenos naturales como el cambio climático, los flujos eólicos y las dinámicas fluviales.

La riqueza natural de esta región es colosal, existiendo en ella áreas aun inexploradas y de alto valor ecológico que se ven amenazadas por las intervenciones antrópicas, por ello corresponde al SINCHI, la investigación y apoyo a la gestión ambiental de esta región conforme a lo dispuesto por el Decreto 1603 de 1994. Razón por la cual el SINCHI ha venido analizando el comportamiento de las coberturas terrestres y evaluando los cambios y dinámicas multitemporales allí presentes.

Empleando información resultante del proyecto *“BPIN Implementación de procesos de gestión de información ambiental de la región como apoyo a la toma de decisiones, la gestión e investigación ambiental y, a procesos de planificación regional en la Amazonia colombiana, para hacer monitoreo de los bosques amazónicos; y de manera parcial del Convenio Especial de Cooperación No. 018 de 2008, firmado entre el IDEAM, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander Von Humboldt”- IAvH, SINCHI, Parques Nacionales Naturales de Colombia – PNN y el Instituto Geográfico Agustín - IGAC”*, obtenida del procesamiento de imágenes satelitales adoptando la metodología Corine Land Cover para Colombia, dispuesta en el portal de datos abiertos del SINCHI, se efectuó un análisis vectorial de las series de tiempo 2.002 – 2.007, 2.007 – 2.012, 2.012 – 2.016 y 2.016 a 2.018 de los mapas de coberturas de la amazonia a escala 1:100.000.

Para este fin, se emplearon herramientas geomáticas en la identificación y análisis de los cambios en la cobertura boscosa, de tal forma que se evidenció el área en conflicto y se identificaron las nuevas coberturas que ocupan estas áreas y que amenazan con

expandirse a futuro, el procesamiento de la información es llevado a cabo en el software ESRI.

Los modelos vectoriales, permiten la representación de la realidad, seleccionando y simplificando sus partes, en este caso a archivo de formas (*shapefile*), los cuales permiten procesar grandes volúmenes de información de forma rápida y acertada. Para este efecto se emplean herramientas de geoprocésamiento como la intersección, el cálculo de áreas, la concatenación de campos en tablas y el consolidado de tablas, con los cuales se resuelven interrogantes sobre la variabilidad de coberturas en periodos de tiempo determinados, atribuible a diversos fenómenos naturales y antrópicos que se dan sobre la cubierta terrestre de la región amazónica colombiana.

Con el fin de aplicar las competencias de la geomática se llevará a cabo el análisis multitemporal a partir de información geográfica dispuesta en los datos abiertos del SINCHI, para la identificación de cambios en las coberturas boscosas en los periodos disponibles 2002, 2007, 2012, 2016 y 2018.

Por consiguiente, el objetivo de la presente investigación, será realizar un análisis de los cambios de la cobertura boscosa de la Amazonía Colombiana durante el periodo comprendido entre los años 2002 al 2018.

Para ello se llevarán a cabo los siguientes pasos.

- Procesar la información geográfica de los periodos disponibles 2002, 2007, 2012, 2016 y 2018, depurando lo correspondiente a cobertura boscosa.
- Determinar cambios en la cobertura de los bosques de la Amazonía a partir del análisis efectuado a través del uso de herramientas y software SIG.
- Identificar los principales factores que inciden en los cambios de la cobertura boscosa.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1. Área de Estudio

La comparación multitemporal se llevó a cabo en la región amazónica colombiana conformada por los territorios completos de seis departamentos: Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Putumayo y Vaupés, y fracciones los departamentos: Vichada, Meta, Cauca y Nariño, que representan un área total de la región de 483.163 km² (Salazar y Riaño, 2016).

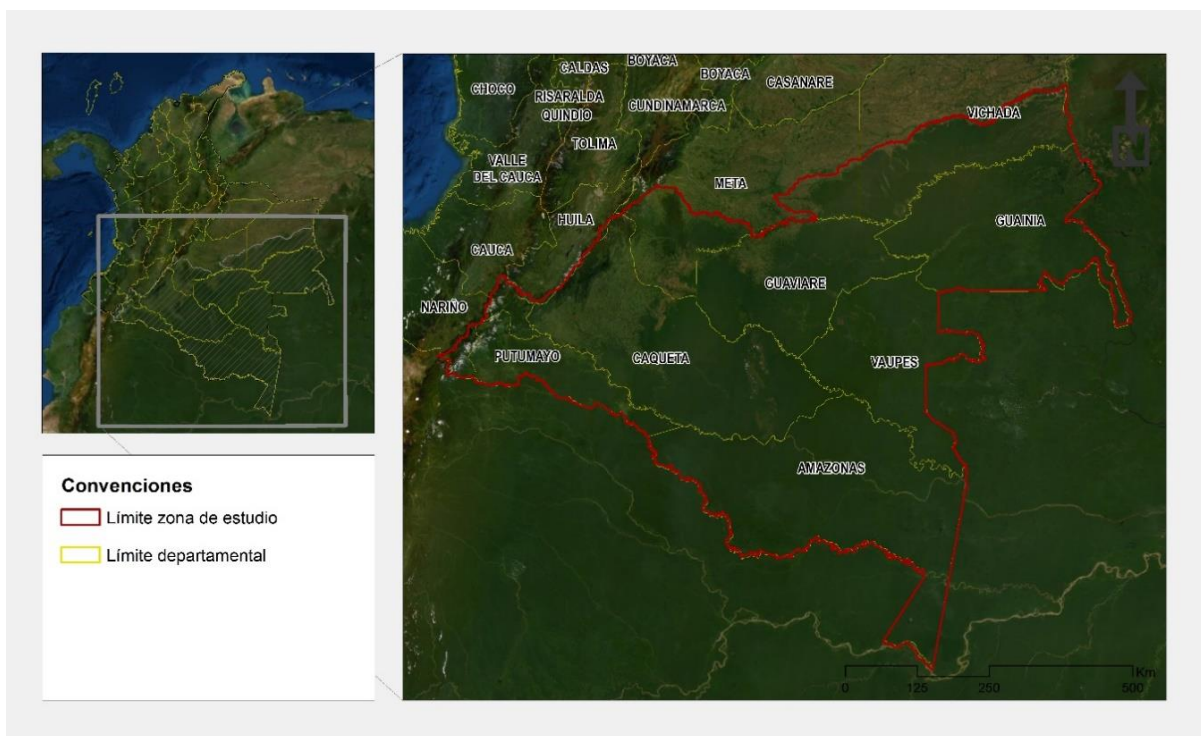


Figura 1. Localización del Área de Estudio

La región del Amazonas, está localizada al sur del territorio colombiano, en inmediaciones de la cordillera de los andes y las fronteras nacionales de Brasil, Perú, Ecuador y Venezuela (ver Figura 1); esta área está comprendida por los departamentos de Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Putumayo, Vaupés, Meta y Vichada; siendo el departamento del Amazonas el que ocupa la mayor extensión con 22,91% del área de estudio y el putumayo el de menor extensión con el 5,33% de la misma, como se observa en la Tabla No 1. (IGAC, 2008).

Tabla No 1. Porcentaje de Ocupación por Departamento

DEPARTAMENTO	% DE OCUPACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO
AMAZONAS	22,91
CAQUETÁ	19,02
GUAINÍA	14,83
GUAVIARE	11,67
META	6,97
PUTUMAYO	5,33
VAUPÉS	11,21
VICHADA	8,04

Sin embargo, esta región de Colombia forma parte de la gran región amazónica, integrada por los países de Ecuador, Perú, Bolivia, Venezuela, Guyana, Surinam, Guayana Francesa, Brasil y Colombia, que, por sus increíbles características biogeográficas y riquezas etno-culturales, hidrográficas, geológicas y climáticas han demandado la suscripción de un Tratado de Cooperación Amazónica (TCA), suscrito

el 3 de julio de 1978 por los países antes mencionados con excepción de Guyana Francesa, a fin de realizar esfuerzos y acciones conjuntas para promover el desarrollo armónico de sus respectivos territorios amazónicos, de manera que esas acciones conjuntas produzcan resultados equitativos y mutuamente provechosos, así como para la preservación del medio ambiente y la conservación y utilización racional de los recursos naturales (TCA, 1978).

En 1995 las Partes iniciaron el establecimiento de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica - OTCA y su Secretaría Permanente en Brasilia. Esta decisión fue adoptada para fortalecer la coordinación y la acción conjunta de los países y responder a las demandas sociales de la Amazonia, promoviendo su desarrollo sostenible en beneficio de sus poblaciones. La Secretaría Permanente de la OTCA fue finalmente establecida el 13 de diciembre de 2002 (OTCA, 1995).

Razón por la cual a partir de este año (2002), se ha venido desarrollando una recopilación de información geoespacial por entidades del gobierno colombiano logrando la producción de información sobre coberturas terrestres en la Amazonia colombiana, de acuerdo con el SINCHI, a partir, de un proceso que se basa en una metodología concertada de manera interinstitucional, para la cual se han establecido una serie de estándares para cada uno de los procesos que se aplican, desde la georreferenciación de imágenes satelitales, su interpretación y clasificación, la leyenda que se aplica, los controles de calidad que se tienen en cuenta y la producción de actualizaciones. Con el fin de apoyar los procesos de interpretación y clasificación de las diferentes clases de coberturas terrestres que están presentes en la Amazonia colombiana, se ha preparado este conjunto de fichas con información de referencia en aspectos básicos de cada una. Indudablemente esta información también está dirigida a los usuarios de la información de los mapas de coberturas que se publican, para tener una síntesis en un formato de rápida lectura. Son treinta y cinco fichas con información de igual número de clases de coberturas que se identificaron e interpretaron en el MAPA DE COBERTURAS producido por instituciones como el SINCHI, IDEAM, PNN, IGAC y IAvH, del periodo 2002, a escala 1:100.000, aplicando la metodología Corine Land Cover adaptada a las condiciones de Colombia (Ibidem).

La información incluye desde el nombre de la clase, un código, abreviatura, descripción, distribución geográfica en la Amazonia, área que ocupa, aspectos básicos de cómo se observa en las imágenes satelitales, muestras de campo y de las imágenes, y al final los créditos institucionales y de autor, este mismo logro se obtuvo para las vigencias 2007, 2012, 2014, 2016 y 2018.

Resultados a partir de los cuales se sustenta el análisis multitemporal realizado con la aplicación de herramientas geomáticas y software SIG.

1.2. Metodología y Productos Utilizados

1.2.1. Identificación de las Capas a Emplear

A partir de la información disponible en el portal de datos abiertos del SINCHI SIAC – Cobertura de la Tierra – Amazonía se recopilaron los shapefiles de los años 2002,

2007, 2012, 2016 y 2018, disponibles en el portal web y específicamente en la URL <https://datos.siatac.co/pages/coberturas>

Diccionario de datos:

- objectid: Corresponde al identificador propio de cada registro dentro de la capa de información.
- area_ha: Corresponde al área en hectáreas.
- area_km2: Corresponde al área en kilómetros cuadrados
- codigo: Corresponde al código de la leyenda de CORINE Land Cover a escala 1:100.000
- cobertura: Corresponde al nombre y tipo de cobertura
- condicion: Corresponde a la condición "natural, seminatural y transformada"
- cob_agrup: Corresponde a la cobertura agrupada dentro de la leyenda de CORINE Land Cover a escala 1:100.000
- shape: Corresponde a geometría del elemento
- st_area(shape): Corresponde al área del elemento
- st_length(shape): Corresponde al perímetro del elemento

1.2.2. Geoprocesamiento

Delimitación del área de estudio

- Dissolve (con el fin de dejar un solo polígono por año)
- Intersect (con las capas de los diferentes años para dejar un polígono homogéneo)

Tasa de cambio de las coberturas naturales

- Clip (con límite de área de estudio)
- Add field (con campo de cobertura en nivel I)
- Dissolve (con la cobertura en nivel I)
- Summarize (para extraer áreas generales)
- Usar fórmula $[TCCN = (\ln ATC_1 - \ln ATC_2) * 100 / (t_2 - t_1)]$ para cada par de años

Dinámicas de cambio de las coberturas

- Add field (con campo de cobertura en nivel III)
- Union (de dos coberturas por periodos de tiempo (se repite con cada par de años))
- Add field (con información de la calificación del cambio)

Figura 2. Geoprocesamiento

El procesamiento de datos llevado a cabo a cada geoforma (shapefile) y la comparación entre pares de años, año de inicio y año final, se describe en la Figura 2.

2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

2.1 Coberturas de la Tierra – Amazonia

La "Cobertura" de la tierra, es la cobertura (bio) física que se observa sobre la superficie de la tierra (Di Gregorio, 2005), en un término amplio no solamente describe la vegetación y los elementos antrópicos existentes sobre la tierra, sino que también describen otras superficies terrestres como afloramientos rocosos y cuerpos de agua. (IDEAM, 2012).

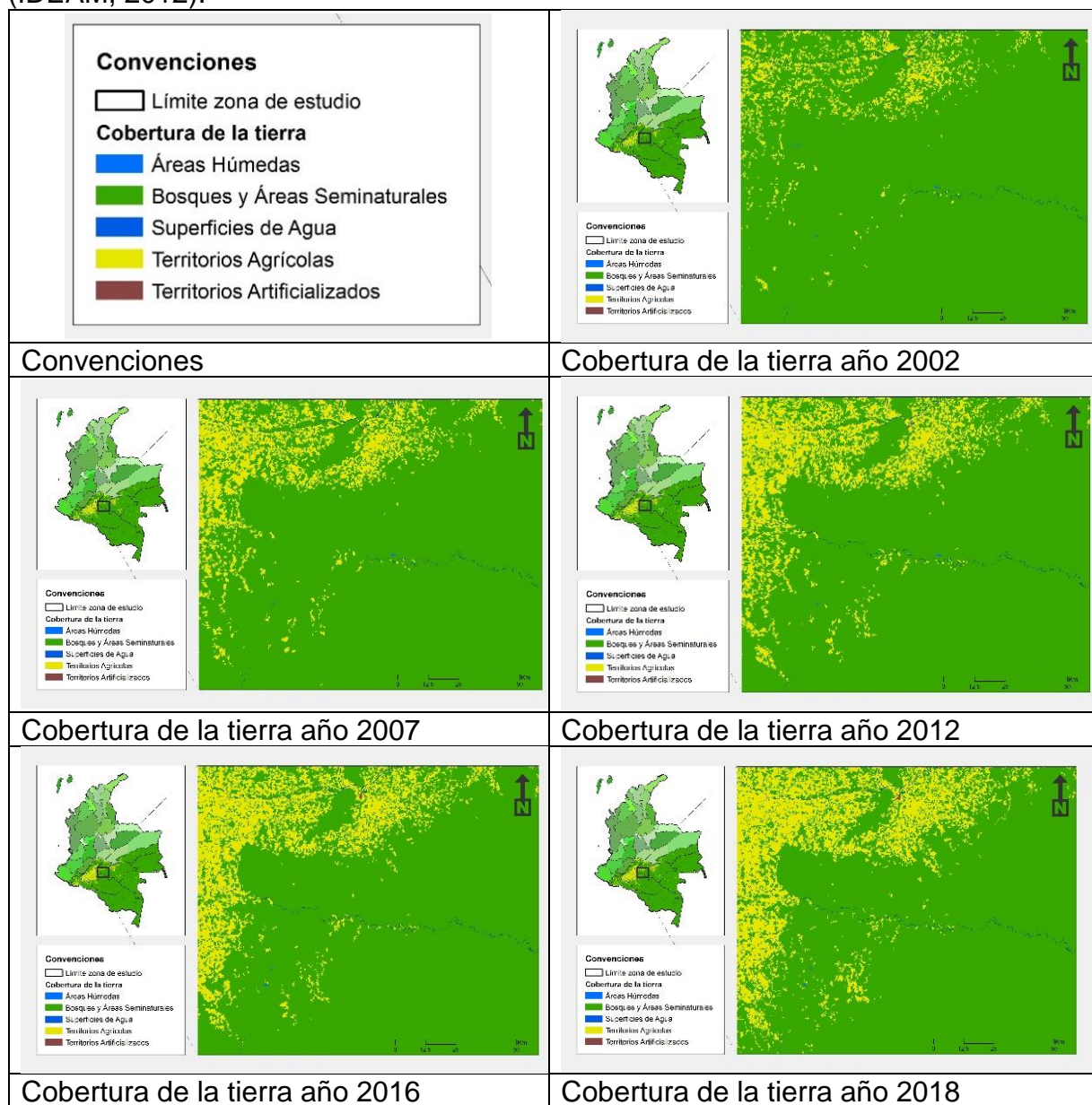


Figura 3. Identificación Coberturas Nivel 1 en Área de Estudio

Como se aprecia en la Figura 3., las coberturas de la tierra determinadas para el área de estudio en Nivel 1, fueron las siguientes: Áreas húmedas, Bosques y áreas seminaturales, Superficies de agua, Territorios agrícolas y Territorios artificializados, se destacan las variaciones encontradas en las subregiones noroccidental y occidental, donde se aprecian incrementos en los territorios agrícolas.

2.2. Relación de áreas en hectáreas (ha) en los diferentes periodos de tiempo

Tabla No 2. Relación de Áreas (ha) en Periodos 2002, 2007, 2012, 2016, 2018

CODIGO NIVEL 1	COBERTURA NIVEL 1	ÁREA HA				
		Año 2002	Año 2007	Año 2012	Año 2016	Año 2018
1	TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	6871	8584,5	9055,5	12596,3	13500,1
2	TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2520746,5	3402637	3655266	3810347,6	3796171
3	BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	45307941	44448046,2	44195478,9	44061814,8	44072552,8
4	ÁREAS HÚMEDAS	65688,3	37363,8	32289,7	24110,1	24205,2
5	SUPERFICIES DE AGUA	542039	546654,4	551195,8	534417,1	536856,8

En la Tabla No 2., se detalla la relación de las áreas en hectáreas (ha), de cada cobertura determinada en Nivel 1, en virtud del periodo de tiempo estudiado, es decir, se describe el área ocupada por cada cobertura, donde se evidencian variaciones, indicando aumento y disminución entre unas y otras a lo largo del tiempo, tal como se presenta a continuación en la Figura 4.

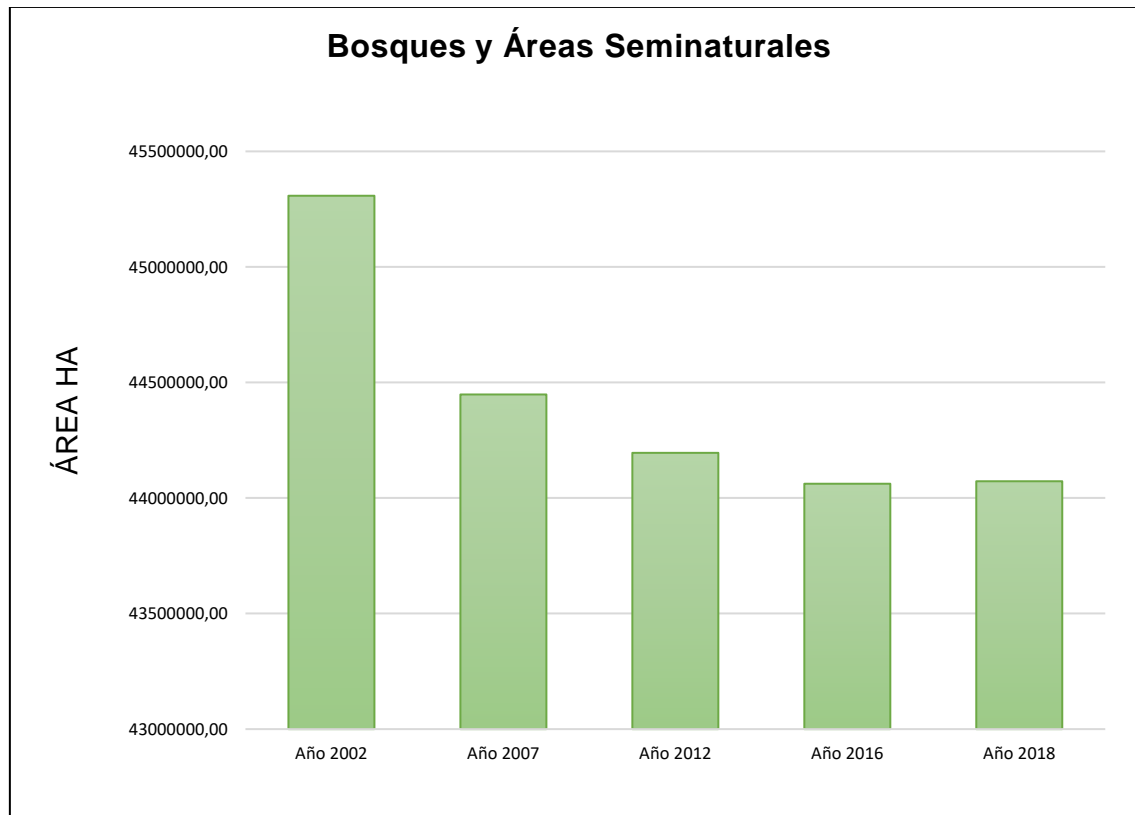


Figura 4. Área (ha) Cobertura Bosques y Áreas Seminaturales en el tiempo

Se obtuvo, el área en hectáreas (ha) de las coberturas en nivel 1, para cada serie de tiempo señalada desde el año 2002 hasta el 2018, extrayendo la información de la cobertura de interés del estudio, identificada como Bosques y Áreas Seminaturales, la cual, en este primer procesamiento demostró representativos cambios concernientes a la disminución en aproximadamente 1 millón de hectáreas de su área en el término de 16 años.

2.3. Tasa de Cambio de Coberturas Naturales TCCN

El análisis se realiza a partir de los postulados para la tasa de cambio de las coberturas naturales propuesta en la guía técnica para la formulación de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014. Esta tasa fue calculada para cada periodo de tiempo, (Año o – Año n), permitiendo establecer categorías y valores, en virtud del cambio observado en el área ocupada por cada cobertura entre un año y otro.

Tabla No 3. Tasa de cambio para el periodo de tiempo 2002 - 2007

CODIGO NIVEL 1	COBERTURA NIVEL 1	ÁREA HA		CATEGORÍA	VALOR
		Año 2002	Año 2007		
1	Territorios Artificializados	6871,11	8584,50	Muy alta	Aumento
2	Territorios Agrícolas	2520746,48	3402637,00	Alta	Aumento
3	Bosques Y Áreas Seminaturales	45307941,01	44448046,24	Muy alta	Disminución
4	Áreas Húmedas	65688,30	37363,75	Medianamente alta	Disminución
5	Superficies De Agua	542039,01	546654,42	Muy alta	Aumento

Tabla No 4. Tasa de cambio para el periodo de tiempo 2007 - 2012

CODIGO NIVEL 1	COBERTURA NIVEL 1	ÁREA HA		CATEGORIA	VALOR
		Año 2007	Año 2012		
1	Territorios Artificializados	8584,50	9055,49	Muy alta	Aumento
2	Territorios Agrícolas	3402637,00	3655266,00	Muy alta	Aumento
3	Bosques Y Áreas Seminaturales	44448046,24	44195478,90	Muy alta	Disminución
4	Áreas Húmedas	37363,75	32289,68	Muy alta	Disminución
5	Superficies De Agua	546654,42	551195,84	Muy alta	Aumento

Tabla No 5. Tasa de cambio para el periodo de tiempo 2012 – 2016

CODIGO NIVEL 1	COBERTURA NIVEL 1	ÁREA HA		CATEGORIA	VALOR
		Año 2012	Año 2016		
1	Territorios Artificializados	9055,49	12596,25	Medianamente alta	Aumento
2	Territorios Agrícolas	3655266,00	3810347,64	Muy alta	Aumento
3	Bosques Y Áreas Seminaturales	44195478,90	44061814,82	Muy alta	Disminución
4	Áreas Húmedas	32289,68	24110,08	Muy alta	Disminución
5	Superficies De Agua	551195,84	534417,12	Muy alta	Disminución

Tabla No 6. Tasa de cambio para el periodo de tiempo 2016 – 2018

	COBERTURA NIVEL 1	ÁREA HA		CATEGORIA	VALOR
--	-------------------	---------	--	-----------	-------

CODIGO NIVEL 1		Año 2016	Año 2018		
1	Territorios Artificializados	12596,25	13500,08	Muy alta	Aumento
2	Territorios Agrícolas	3810347,64	3796170,97	Muy alta	Disminución
3	Bosques Y Áreas Seminaturales	44061814,82	44072552,82	Muy alta	Neutra
4	Áreas Húmedas	24110,08	24205,22	Muy alta	Aumento
5	Superficies De Agua	534417,12	536856,82	Muy alta	Aumento

Tabla No 7. Tasa de cambio para el periodo de tiempo 2002 – 2018

CODIGO NIVEL 1	COBERTURA NIVEL 1	ÁREA HA		CATEGORIA	VALOR
		Año 2002	Año 2018		
1	Territorios Artificializados	6871,11	13500,08	Media	Aumento
2	Territorios Agrícolas	2520746,48	3796170,97	Alta	Aumento
3	Bosques Y Áreas Seminaturales	45307941,01	44072552,82	Muy alta	Disminución
4	Áreas Húmedas	65688,30	24205,22	Media	Disminución
5	Superficies De Agua	542039,01	536856,82	Muy alta	Disminución

Se pudo apreciar el cambio sufrido por las coberturas entre los años 2002 al 2018 (ver Tablas No 3. a la No 7.), donde se identificaron algunas que aumentaron sus áreas, como fueron los Territorios Artificializados y los Territorios Agrícolas, estos cambios fueron categorizados como altos y muy altos, considerando que su crecimiento fue significativos respecto al área ocupada en la vigencia anterior. Al contrario, las coberturas que sufrieron disminución de sus áreas fueron los Bosques y Áreas Seminaturales, Áreas Húmedas y las Superficies de Agua.

El cambio más abrupto lo vivió la cobertura Bosques y Áreas Seminaturales en el periodo de tiempo del año 2002 al 2007, sin embargo, su disminución se ha considerado muy alta en toda la serie de tiempo evaluada, cabe destacar, que entre los años 2016 y 2018, se observa una desaceleración en la reducción del área ocupada por esta cobertura.

2.4 Dinámicas de Cambio de Coberturas de la Tierra en Coberturas Naturales (Bosques)

Tomando como base el documento análisis de las dinámicas de cambio de las coberturas de la tierra en Colombia para escala 1:100.000 en el periodo 2000-2002 y 2005-2009 del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2013).

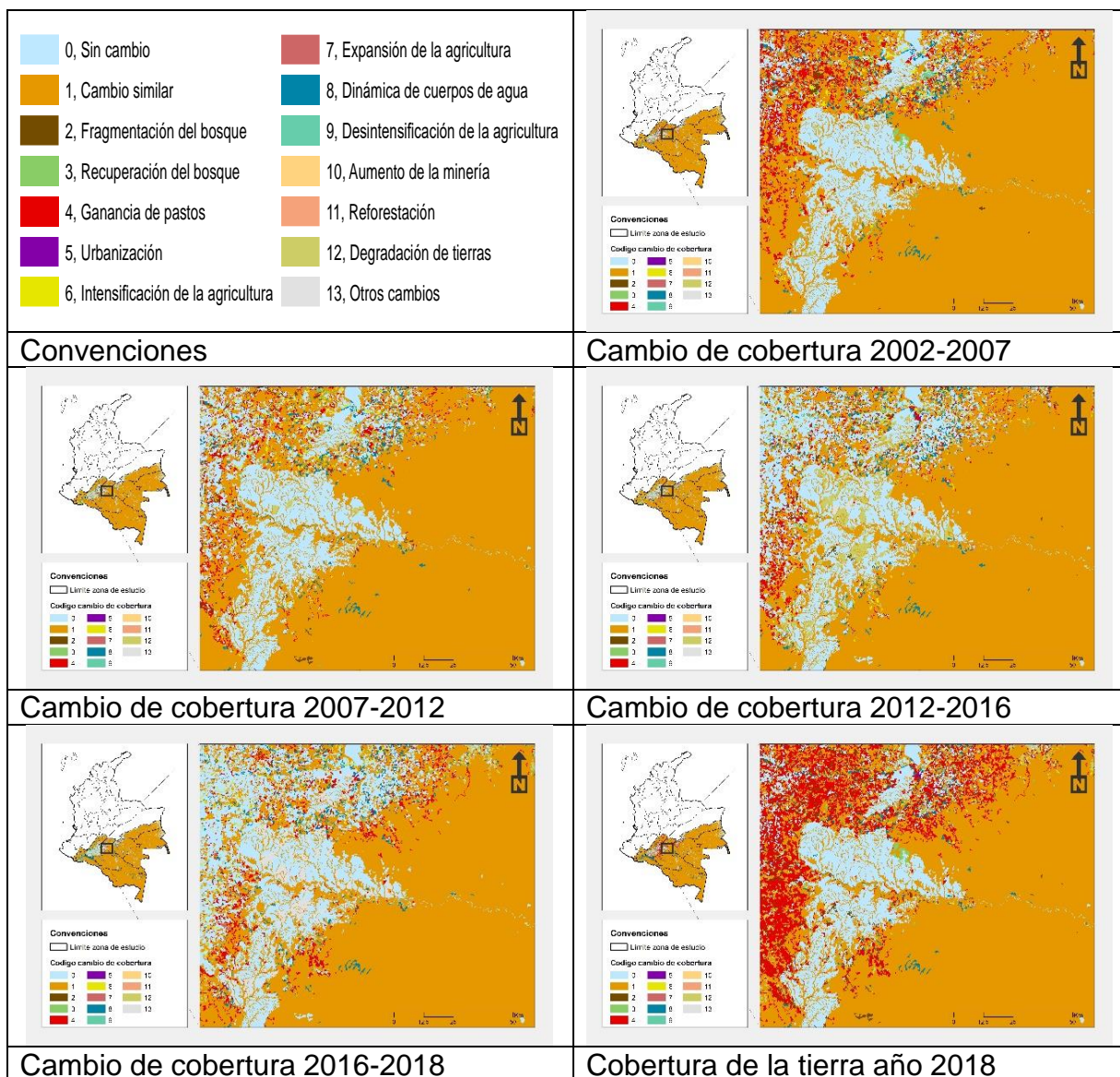


Figura 5. Cambio de las Coberturas Naturales

Como se observa en la Figura 5., se establecieron indicadores de cambio, conforme a lo señalado por el documento análisis de las dinámicas de cambio de las coberturas de la tierra en Colombia para escala 1:100.000 (IDEAM, 2013), mediante los cuales, se determinaron los polígonos categorizados en 13 indicadores, en los cuales se comparó la presencia de cada cobertura en Nivel 3, evidenciando las variaciones crecientes y decreciente de cada una de ellas, pero también, destacando aquellas áreas que mantuvieron su cobertura original o una similar. Datos ampliados en la Tabla No 8.

Tabla No 8. Dinámicas de Cambio en los Periodos de Tiempo

Indicador	Periodo				
	2002 - 2007	2007-2012	2012-2016	2016-2018	2002-2018
0, Sin cambio	4103467,98	4701046,20	4698111,15	5041260,26	3574865,56
1, Cambio similar	41576165,29	41131374,29	40939444,23	40674184,92	40733405,34
2, Fragmentación del bosque	357436,94	273012,89	248446,48	41544,93	858625,41
3, Recuperación del bosque	96777,03	67175,42	83804,46	21113,99	141552,68
4, Ganancia de pastos	829075,92	465069,29	509990,97	343631,62	1533601,66
5, Urbanización	1747,83	540,16	2811,67	1171,84	6255,80
6, Intensificación de la agricultura	531074,01	761814,81	579946,53	476487,47	412432,95
7, Expansión de la agricultura	19295,92	9623,17	48035,58	87915,68	79170,54
8, Dinámica de cuerpos de agua	738563,80	738350,34	767139,73	1196090,30	714574,81
9, Desintensificación de la agricultura	153488,32	256091,53	369286,52	375998,97	281911,74
10, Aumento de la minería	0,07	36,67	867,66	252,60	539,74
11, Reforestación	0,00	0,00	557,81	112,28	112,28
12, Degradación de tierras	14588,52	12226,71	166672,69	58790,32	73299,69
13, Otros cambios	21604,27	26924,43	28170,42	124730,72	32937,71

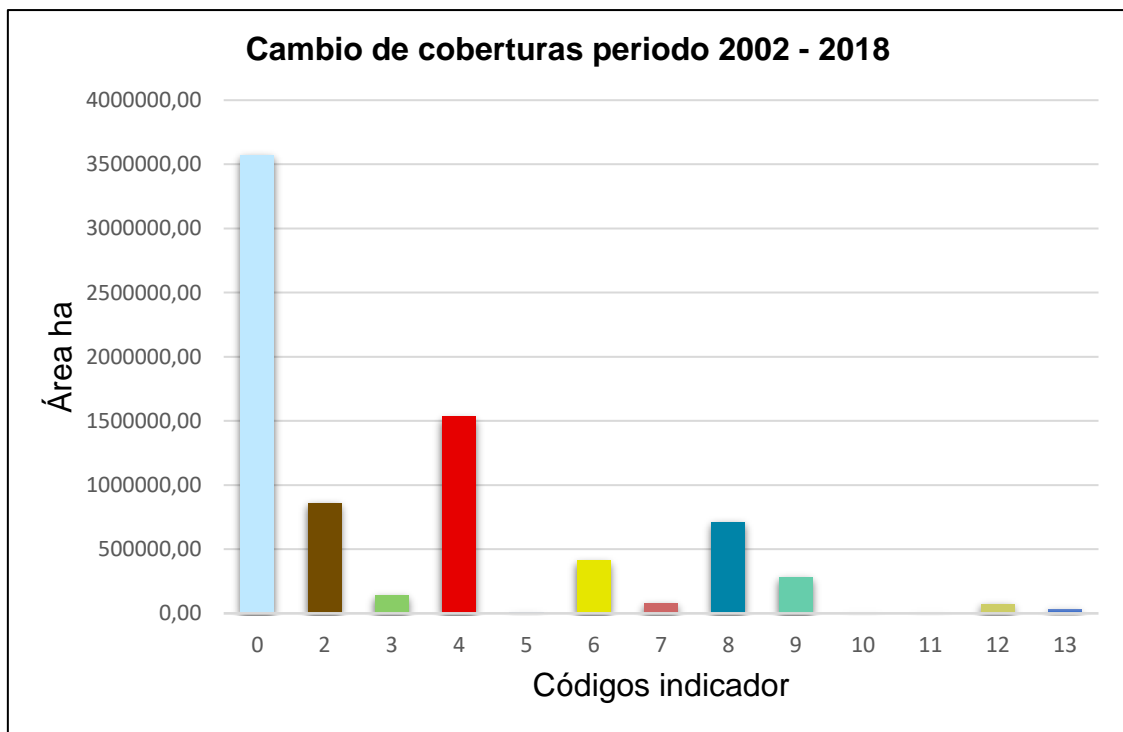


Figura 6. Cambio de Coberturas periodo 2002-2018 Nivel 3

Nota: no se graficó el indicador 1 "cambio similar" ya que corresponde al 84% del área total e impedía visualizar el resto de indicadores.

La cobertura predominante es la identificada en el indicador 1 - Cambio Similar, que tiene un área superior a los 40 millones de hectáreas, seguida por el indicador 2 - Sin

Cambio, con un área superior a los 3 millones de hectáreas, lo que permite inferir que las coberturas de la tierra en la región amazónica, se han mantenido en el tiempo.

Pese a lo anterior, ha existido una disminución significativa de las áreas ocupadas por los bosques, áreas seminaturales, superficies de agua y áreas húmedas, inversamente proporcional a esta tendencia, es el comportamiento de la ganancia de pastos, que entre el año 2002 al 2018, logró un incremento superior 1 millón de hectáreas, seguido por la fragmentación de los bosques, las dinámicas de los cuerpos de agua y la intensificación de la agricultura. El periodo en que se evidenciaron cambios más notables, fue el comprendido entre el 2002 al 2007, sin embargo, en periodos más cortos como 2012 al 2016 y 2016 al 2018, se notaron incrementos más acelerados de la intervención humana y la incorporación de otras actividades de alto impacto en los recursos naturales y el ambiente como la degradación de los suelos y la minería (ver Figura 6.).

Finalmente, como se aprecia en la Figura 6., entre las actividades antrópicas con impacto positivo en el ambiente, se encuentran la desintensificación de la agricultura y la reforestación, esta última, fue la que tuvo menor desarrollo en el tiempo, dado que solo a partir del año 2012, fue iniciada su práctica, sin embargo, entre el año 2016 y 2018, su disminución fue considerable, al punto, que solo 112 hectáreas de esta extensa región han sido reforestadas.

Los cambios evidenciados se podrían llevar a un nivel de detalle más específico, como por ejemplo, al conocimiento de la tasa de cambio por departamento, municipio y corregimiento, con el fin de identificar la aplicación de políticas de desarrollo regional y local que contribuyan con la conservación, uso sostenible y protección de las riquezas naturales de esta región, de tal forma, que se haga frente a los potenciales impactos causados por prácticas inadecuadas de apropiación, cambio de uso del suelo y extracción de recursos naturales. De manera tal, que se cumpla con lo pactado en el TCA, en el cual Colombia y otros 7 países “convinieron realizar esfuerzos y acciones conjuntas para promover el desarrollo armónico de sus respectivos territorios amazónicos, de manera que esas acciones conjuntas produzcan resultados equitativos y mutuamente provechosos, así como para la preservación del medio ambiente y la conservación y utilización racional de los recursos naturales de esos territorios” (TCA, 1978), aprobado en Colombia mediante la Ley 74 de 1979 y ratificada el 2 de agosto de 1980.

El monitoreo de esta área del territorio continental colombiano es importante, dado que tenemos el privilegio de ser parte de los países que por su ubicación geográfica aguardan una fracción de la Amazonía, que es un territorio fundamental para el mantenimiento del equilibrio climático mundial, tiene una gran influencia en el transporte de calor y vapor de agua para las regiones localizadas en latitudes más elevadas. Además, tiene un papel muy importante en el secuestro de carbono atmosférico, y con ello contribuye a la reducción del calentamiento global (OTCA, 2020).

De igual forma, el Ciclo Hidrológico Amazónico alimenta un complejo Sistema de acuíferos y aguas subterráneas, que puede abarcar un área de casi 4 millones de km² entre Brasil, Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, albergando una gran variedad de especies de flora y fauna, que ha permitido establecer marcas mundiales de diversidad biológica. También es un área importante de endemismos, lo que hace de ella una reserva genética de importancia mundial para el desarrollo de la humanidad, es un ecosistema único y tiene una biodiversidad de aproximadamente un cuarto de todas las especies del mundo. (OTCA, 2020).

Las actividades antrópicas que han contribuido con el cambio en la cobertura boscosa se han concentrado en mayor medida en las subregiones Amazonia occidental y Amazonia noroccidental.

3. CONCLUSIONES

Fue realizado un análisis de los cambios de la cobertura boscosa de la Amazonía Colombiana durante el periodo comprendido entre los años 2002 al 2018, en el que se determinaron en nivel 1 y nivel 3, las variaciones en pares de años 2002 al 2007, 2007 al 2012, 2012 al 2016 y 2016 al 2018, donde se evidenció que la mayor parte del área ocupada por la región amazónica, se mantuvo sin cambios o cambio a una cobertura similar.

Para alcanzar el propósito, fue necesario el procesamiento de información geográfica recuperada del portal de datos abiertos del SINCHI para la serie de tiempo señalada en el párrafo anterior, realizando la delimitación del área de estudios, definiendo un solo polígono por cada año, el cual fue homogenizando a partir de la intersección de pares de años y entre las capas de 2002 y 2018, obteniendo tasas de cambio de coberturas naturales en nivel 1, a partir de lo señalado en la guía técnica para la formulación de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014.

Los resultados logrados de la intersección entre capas, fueron procesados nuevamente, empleando indicadores de cambio, tomando como base el documento análisis de las dinámicas de cambio de las coberturas de la tierra en Colombia para escala 1:100.000, en el periodo 2000-2002 y 2005-2009 (IDEAM, 2013), con lo cual, se llevó a Nivel 3, la identificación del cambio en las coberturas boscosas, empleando herramientas del software ESRI (Arcmap) tales como: Dissolve, Intersect, Union, Clip y Summarize.

Los principales factores de cambio en la cobertura boscosa identificados, correspondieron al comportamiento en aumento en los indicadores de cambio: ganancia de pastos, fragmentación de los bosques, dinámicas de los cuerpos de agua e intensificación de la agricultura. Adicionalmente, se detectó el incremento acelerado de la intervención humana y la incorporación de otras actividades de alto impacto en los recursos naturales y el ambiente como la degradación de los suelos y la minería en los periodos 2012 al 2018, estas afectaciones se concentran a mayor escala en las subregiones Amazonia occidental y Amazonia noroccidental.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Murcia U, (2014). Subregiones de la Amazonia Colombiana. En: <https://www.sinchi.org.co/subregiones-de-la-amazonia-colombiana> (4 de mayo de 2020)
- [2-3] Salazar y Riaño, (2.016). Región Amazónica Colombiana. En: <https://www.sinchi.org.co/region-amazonica-colombiana> (4 de mayo de 2020)
- [4] Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI. (2009). Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana. (1 Ed.) Bogotá D.C. Instituto SINCHI
- [5] IGAC. (2008). Atlas Básico de Colombia Tomo II (Séptima ed.). Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- [6-8] Tratado de Cooperación Amazónica (TCA) suscrito el 3 de julio de 1978. En: <https://www.sinchi.org.co/region-de-la-organizacion-del-tratado-de-cooperacion-amazonica> (30 de mayo de 2020)
- [9] Di Gregorio y J.M. Jansen, (1.998). Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual (1 v.) Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO, Rome, 157p. (30/05/2020)
- [10] IDEAM, 2012. Ecosistemas / Monitoreo de Suelos y Coberturas de la Tierra / Coberturas de la Tierra En: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra> (25/04/2020)
- [11] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014, Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Pineda C, Olaya E, Tosse O, Bogotá, D.C.: Colombia, 196p. (30/05/2020)
- [12] IDEAM, 2013. Rodríguez J., Peña V., Análisis de Dinámicas de Cambio de las Coberturas de la Tierra en Colombia, Escala 1:100.000 Periodos 2000-2002 y 2005-2009. Bogotá, D. C., Colombia, 148p. (30/05/2020)
- [13] Tratado de Cooperación Amazónica - TCA, (1978), URL <http://www.otca-oficial.info/assets/documents/20160629/488ec01c1ab55922e4797d9d49e2934c.pdf> (31/05/2020)
- [14 - 15] Organización del Tratado de Cooperación Amazónica - OTCA, Nuestra Amazonia (2020), URL http://www.otca-oficial.info/amazon/our_amazon (31/05/2020)
- [16] Puncha F., Fries A., Cánoas F., Oñate F., González V., Pucha D., (2017). Fundamentos de SIG Aplicaciones con ArcGIS, España, 82p. (20/04/2020)
- [17] Capítulo 8, El Formato Vectorial Análisis Espacial En: https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario_8.pdf (04/04/2020)

[18] Moreno A., Cañada R., Cervera B., Fernández F., Gómez Nuria., Martínez P., Moreno A., Prieto M., Rodríguez J., Vidal M., Sistemas y Análisis de la Información Geográfica – Manual de autoaprendizaje con ArcGIS 2da Ed. (2014)., España, 909p. (28/03/2020)

[19] Franco R., Análisis multitemporal vectorial en ArcGIS – Mini guía de caso. (2016)., Bogota D.C., 12p. (05/04/2020)